

Rec'd PCT/PTO 24 MAR 2003

PCT/JP 03/13054

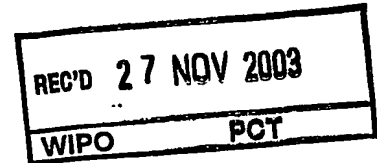
日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

10.10.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年10月16日
Date of Application:



出願番号 特願2002-301448
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2002-301448]

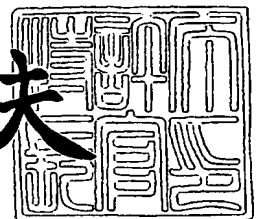
出願人 日産自動車株式会社
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年11月13日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 NM01-02186

【提出日】 平成14年10月16日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01M 8/10

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産自動車株式会
社内

【氏名】 酒井 弘正

【特許出願人】

【識別番号】 000003997

【氏名又は名称】 日産自動車株式会社

【代理人】

【識別番号】 100075513

【弁理士】

【氏名又は名称】 後藤 政喜

【選任した代理人】

【識別番号】 100084537

【弁理士】

【氏名又は名称】 松田 嘉夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019839

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9706786

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 燃料電池システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電池部の各電極に供給される水素と空気の供給ガスの反応により発電を行う燃料電池と、

水タンクと、

この水タンクからの水を用いて供給ガスを加湿する加湿装置と、

燃料電池の温度を制御するために燃料電池の内部を流すクーラントの温度調整を行うクーラント温度調整手段と

を備える燃料電池システムにおいて、

燃料電池の起動時に水タンク内の水が凍っているとき、燃料電池内部において燃料電池の発電で発生する廃熱との熱交換を行って温度上昇するクーラントを用いて水タンク内の氷を解凍する氷解凍装置

を備えることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 2】

水タンクは燃料電池の下流に位置し、氷解凍装置は水タンク内にあって、かつ燃料電池の発電で発生する廃熱との熱交換を行って温度上昇するクーラントと、水タンク内の氷とで熱交換を行う熱交換器であり、この熱交換器を出たクーラントを加熱する加熱装置を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 3】

クーラント温度調整手段が、燃料電池内部とラジエータとをクーラントが循環するクーラント循環通路と、このクーラント循環通路にあってクーラントを圧送するクーラントポンプと、クーラント循環通路より分岐しラジエータをバイパスする第 1 バイパス通路と、クーラント循環通路をクーラントが流れる流れと第 1 バイパス通路経由でクーラントが流れる流れとを切換え得る流路切換装置と、この流路切換装置を用いて燃料電池内部のクーラント温度を制御するためにこれら 2 つの流れを選択的に切換える切換制御手段とからなる場合に、加熱装置は第 1

バイパス通路に位置することを特徴とする請求項 2 に記載の燃料電池システム。

【請求項 4】

水タンクは第 1 バイパス通路が分岐する位置よりも上流のクーラント循環通路に位置することを特徴とする請求項 3 に記載の燃料電池システム。

【請求項 5】

燃料電池の温度を検出する温度検出手段を備え、この燃料電池の温度検出値が 0℃未満の領域で加熱装置を作動させ、燃料電池の温度検出値が 0℃以上となったとき加熱装置の作動を停止することを特徴とする請求項 2 に記載の燃料電池システム。

【請求項 6】

水タンクの上流より分岐して水タンクをバイパスする第 2 バイパス通路と、水タンク内の熱交換器をクーラントが流れる流れと第 2 バイパス通路経由でクーラントが流れる流れとを切換え得る流路切換装置とを備えることを特徴とする請求項 2 に記載の燃料電池システム。

【請求項 7】

燃料電池の温度を検出する温度検出手段を備え、この燃料電池の温度検出値が 0℃未満のとき流路切換装置を用いて第 2 バイパス通路経由でクーラントが流れる流れに切換え、燃料電池の温度検出値が 0℃以上となったとき流路切換装置を用いて水タンク内の熱交換器をクーラントが流れる流れに切換えることを特徴とする請求項 6 に記載の燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は燃料電池システム、特に燃料電池の起動時の制御に関する。

【0002】

【従来の技術】

燃料電池車両の起動方法が提案されている（特許文献 1 参照）。

【0003】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 1 - 2 5 6 9 8 9 号公報

【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、固体高分子型燃料電池は、電解質にプロトン導電性を有する高分子膜を用い、この膜の両側に薄い多孔質触媒電極を有する。そして、それぞれの電極に水素と空気（または酸素）を供給し、水素と空気中の酸素との反応により発電させるものである。

【 0 0 0 5 】

この場合、プロトンが高分子膜を移動する際には電気浸透効果により数個の水分子を伴って移動するため高分子膜のアノード側が乾燥しがちになり、このことが高分子膜の電気伝導度を低下させ、発電能力を低下させてしまう。これを防ぐには、水素ガスを加湿して、また空気も加湿して電極へと供給することであり、このため、水（純水）タンクからの水を用いて水素と空気の供給ガスを加湿している。このように、電池への供給ガスを加湿する部分（加湿部）が燃料電池の外部にあるのが、外部加湿方式の固体高分子型燃料電池である。

【 0 0 0 6 】

こうした燃料電池システムを 0℃以下の外気中に放置すると水タンク内の水が凝結するためこの状態では水素と空気の供給ガスを加湿することができない。従ってこの場合には、容器内の氷が解凍するのを待ってからでないと燃料電池を起動させることができない。

【 0 0 0 7 】

そこで上記の従来装置では、外気温が 0℃未満である場合に、燃料電池のオフガス（燃料電池からの排出ガス）中の水を回収する水回収装置や、この水回収装置の回収水により供給ガスを加湿する補助加湿手段を電気ヒータにより加熱することによって回収水の凍結を防止するようにしている。

【 0 0 0 8 】

しかしながら、従来装置のように水の凍結防止に電気ヒータを用いるのでは、そのぶんバッテリーの負担が大きくなる。特に寒冷地においては温暖地よりバッテリーが大型化する傾向にあるので、このようなバッテリー負担に耐えるためにはさら

にバッテリーが大型化し、大型化しないとすればバッテリー上がりが生じかねない。

【0 0 0 9】

また、氷の解凍を電気エネルギーを用いて行うのでは解凍に非常に大きな電力が必要となるためその分燃料電池で発電しなければならない電力が増大して燃費が悪化してしまう。

【0 0 1 0】

一方、燃料電池にはこれ以上高温になってはいけない上限温度があり、この温度に燃料電池を保つため、燃料電池の内部を流すクーラントの温度調整を行うクーラント温度調整手段を備えており、燃料電池の起動時に燃料電池の発電で発生する廃熱により、この燃料電池内部に存在するクーラントの温度が上昇する。

【0 0 1 1】

そこで本発明は、燃料電池の起動時に水タンク内の水が凍っているとき、燃料電池内部において燃料電池の発電で発生する廃熱との熱交換を行って温度上昇する、このクーラントを用いて水タンク内の氷を解凍することにより、本来の目的の発電に使用する以外の余分な電力や燃料電池の燃料消費を防止することを目的とする。

【0 0 1 2】

【課題を解決するための手段】

本発明は、電池部の各電極に供給される水素と空気の供給ガスの反応により発電を行う燃料電池と、水タンクからの水を用いて供給ガスを加湿する加湿装置と、燃料電池の温度を制御するために燃料電池の内部を流すクーラントの温度調整を行うクーラント温度調整手段とを備え、燃料電池の起動時に水タンク内の水が凍っているとき、燃料電池内部において燃料電池の発電で発生する廃熱との熱交換を行って温度上昇するクーラントを用いて水タンク内の氷を解凍する氷解凍装置を備える。

【0 0 1 3】

また本発明では、水タンクを燃料電池の下流に位置して設け、氷解凍装置は水タンク内にあって、かつ燃料電池の発電で発生する廃熱との熱交換を行って温度上昇するクーラントと、水タンク内の氷とで熱交換を行う熱交換器であり、この

熱交換器を出たクーラントを加熱する加熱装置を備える。

【0014】

【発明の効果】

水タンク内の氷の解凍のために燃料電池の発電する電力を用いるのでは、燃料消費が大きくなるが、本発明によれば、発電時に発生する燃料電池自体の発熱（廃熱）を利用して水タンク内で凝結している水の解凍を行うようにしたので、本来の目的の発電に使用する以外の余分な電力や燃料電池の燃料消費を防止することが可能となり、燃料電池システムの燃料消費を低減できる。

【0015】

また、氷点下でそれまでに発電を行って得た発熱の大部分を燃料電池の温度上昇に使うことができるため、大電力の発電が可能となる状態になるまでの時間（燃料電池の起動時間）を短縮できる。

【0016】

また、本発明によれば、加熱装置で加熱したクーラントの熱はまず燃料電池本体に伝えられ、燃料電池本体の温度上昇が最優先され、燃料電池内部で熱交換されたクーラントが水タンク内の熱交換器へと流れる。この場合、燃料電池を出たクーラントの温度は燃料電池温度以上になることがないため、結局、燃料電池本体の温度が0℃以上になるまで燃料電池を出たクーラントの温度が0℃以上になることが防止できる。これにより燃料電池が大電力の発電を開始するまでに必要なエネルギーを増大させることなく燃料電池の起動を迅速に行うことができる。

【0017】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施形態を添付図面に基づいて説明する。

【0018】

図1は本発明の第1実施形態の燃料電池システムの概略構成図を示す。

【0019】

図において、燃料電池1はその内部に空気通路、水素通路、クーラント通路を備える外部補助加湿装置を備えた固体高分子型燃料電池である。すなわち、基本的には多孔質のセパレータ内に取り込まれた反応生成水で空気通路、水素通路の

供給ガスを加湿する。そして、負荷の増大に伴って燃料電池 1 の温度が上昇し、燃料電池 1 内部の加湿水だけでは加湿量が不足する場合（例えば図 5 において所定値 T 3 以上の温度域）に補助的に加湿するため、水（純水）タンク 3 1 からの水を用いて水素と空気の供給ガスを加湿し、加湿した水素と空気の供給ガスを電池部の各電極に供給し、これら供給ガスの反応により発電を行わせるようになっている。

【0020】

詳細には水素タンク 2 からの水素は常閉の遮断弁 3 を開くと水素供給通路 6 を介してイジェクタ 5 に供給され、イジェクタ 5 より燃料電池 1 の水素通路入口 7 に導入される。燃料電池 1 の水素通路出口 8 は水素循環通路 9 を介してイジェクタ 5 と接続されている。空気はコンプレッサ 1 1 により加圧され、空気供給通路 1 2 より燃料電池 1 の空気通路入口 1 3 に流入する。

【0021】

また、水タンク 3 1 内の水は水供給ポンプ 3 2 により水供給通路 3 3 を介して水インジェクタ 3 4 （加湿装置）へと圧送され、この水インジェクタ 3 4 から空気供給通路 1 2 内と水素供給通路 6 内とに向けて水噴射することで、燃料電池 1 に導入される供給空気と供給水素とを加湿する。

【0022】

水供給通路 3 3 には水供給圧を一定に保つプレッシャレギュレータバルブ 3 5 が介装され、プレッシャレギュレータバルブ 3 5 からの戻り通路 3 6 は水供給ポンプ 3 2 の上流側に接続されている。水ポンプ 3 2 下流の水供給通路 3 3 より分岐して水タンク 3 1 に戻るリターン通路 3 7 には常閉の遮断弁 3 8 が、またプレッシャレギュレータバルブ 3 5 の戻り通路 3 6 より分岐して水タンク 3 1 に戻るリターン通路 3 9 にも常閉の遮断弁 4 0 が設けられ、これら遮断弁 3 8、4 0 を共に開いたときこれらリターン通路 3 7、3 9 を介して水が水タンク 3 1 へとドレンされる。

【0023】

パワープラントコントローラ 5 1 では、燃料電池 1 による大電力の発電が可能となった後には水素供給通路 6 に設けた圧力制御弁 4 を制御することにより要求

発電量に応じて水素供給通路 6 を流れる水素流量を調整し、また、その水素流量と、空気供給通路 12 を流れる空気流量とをそれぞれ検出する流量センサ 52、53 からの信号に基づいて、要求発電量が変化しても発電に最適な水素と空気の流量比（一定値）が得られるようにコンプレッサ 11 からの吐出空気流量を制御する。

【0024】

一方、燃料電池 1 による大電力の発電が可能となった後には燃料電池 1 の温度がほぼ一定の温度となるように燃料電池 1 内部を流れるクーラントの温度調整を行うクーラント温度調整手段を備える。すなわち、燃料電池 1 内部のクーラント通路と、車両走行時の風を受けて空気との間で熱交換を行うラジエータ 26 とが一对のクーラント通路 22、25 により接続され、クーラントポンプ 21 により圧送されるクーラントが、クーラントポンプ 21 出口よりクーラント通路 22、燃料電池 1 内部のクーラント通路、クーラント通路 25、ラジエータ 26 へと流れ、再びクーラントポンプ 21 入口に戻る 1 つの循環通路を形成している。

【0025】

また、燃料電池 1 下流のクーラント通路 25 より、ラジエータ 26 をバイパスする通路 27（第 1 バイパス通路）が分岐して設けられ、このバイパス通路 27 がクーラント通路 22 と合流する部位に三方弁 28（流路切換装置）が設けられている。

【0026】

三方弁 28 は例えば非通電時にポート A とポート C を連通し、ポート B とポート C の連通を遮断しているが、通電時にはポート A とポート C の連通を遮断し、ポート B とポート C を連通するものである。この三方弁 28 を非通電または通電とすることにより、ラジエータ 26 経由でクーラントが流れる流れと、バイパス通路 27 経由でクーラントが流れる流れとが切換えられる。

【0027】

パワープラントコントローラ 51（切換制御手段）では、燃料電池 1 による大電力の発電が可能となった後にはこの三方弁 28 を用いて燃料電池 1 内部のクーラント温度が目標温度（ほぼ一定値）となるように、つまりクーラント温度が目

標温度より高いときにはラジエータ 26 経由で、この逆にクーラント温度が目標温度より低いときにはバイパス通路 27 経由でクーラントが流れるようにこれら 2 つの流れを選択的に切換えると共に、クーラント通路入口 23 のクーラント温度とクーラント圧力を検出する温度センサ 54、圧力センサ 55 及びクーラント通路出口 24 のクーラント温度を検出する温度センサ 83 からの信号に基づいてクーラントポンプ 21 の吐出クーラント流量を制御する。ここで、目標温度は、燃料電池の仕様により予め定まっている。

【0028】

こうした燃料電池システムが図示しない車両に搭載されており、燃料電池 1 による大電力の発電が可能となった後に燃料電池 1 で発生した電力は図示しない走行用電動モータやバッテリー等の電気機器に供給される。

【0029】

このような燃料電池システムを備える車両（燃料電池車）を前提として、この燃料電池車を 0℃以下の外気中に放置すると水タンク 31 内の水が凝結して供給空気と供給水素（供給ガス）とを加湿することができなくなるので、本実施形態では、燃料電池の起動時に水タンク 31 内の水が凍っているとき、燃料電池 1 内部において燃料電池 1 の発電で発生する廃熱との熱交換を行って温度上昇するクーラントの熱を用いて水タンク 31 内の水を解凍する氷解凍装置を備える。

【0030】

これについて説明すると、水タンク 31 は燃料電池 1 の下流に配置される。そして、燃料電池 1 のクーラント通路出口 24 に接続されているクーラント通路 25 の一部が、この水タンク 31 内の水中を貫通して設けられ、この水タンク 31 内を貫通するクーラント通路部分を例えばコイル状に形成すること等によりクーラントと水タンク 31 内の水との間で熱交換を行い得る熱交換部 61（熱交換器）が形成されている。すなわち、熱交換部 61 が氷解凍装置である。

【0031】

また、バイパス通路 27 の途中には、そのバイパス通路 27 内のクーラントと燃焼ガスとの間で熱交換を行い得る熱交換器 65（加熱装置）を備える。この熱交換器 65 は触媒燃焼器（CAT）66、電熱触媒（EHC）67 と一体に構成

され、電熱触媒 67 には水素循環通路 9 より分岐された水素通路 68 と、燃料電池 1 の空気通路出口 14 に一端が接続されている廃空気通路 69 の他端とが接続され、水素循環通路 9 には常閉の遮断弁 70 が、また分岐水素通路 68 には常閉の流量制御弁 71 が介装され、廃空気通路 69 にも常閉の圧力制御弁 72 が介装されている。

【0032】

ここで、水素供給通路 6 の遮断弁 3 と圧力制御弁 4 を開き、水素循環通路 9 の遮断弁 70 を閉じ、分岐水素通路 68 の流量制御弁 71 を開き、かつコンプレッサ 11 を ON にし、廃空気通路 69 の圧力制御弁 72 を開くと、水素タンク 2 内の水素が、水素供給通路 6、燃料電池 1 内の水素通路、分岐水素通路 68 を介して触媒燃焼器 66 へと供給されると共に、コンプレッサ 11 により吐出される空気が空気供給通路 12、燃料電池 1 内の空気通路、廃空気通路 69 を介して触媒燃焼器 66 へと供給される。これら水素と空気中の酸素とは触媒燃焼器 66 で燃焼し、この燃焼したガスは熱交換器 65 内を流れてクーラントとの間で熱交換を行いクーラントを加熱した後、外部へと排出される。

【0033】

電熱触媒 67 は、触媒燃焼器 66 の触媒が活性化するまで水素と空気中の酸素とを反応（燃焼）させることができないので、水素と空気とからなるガスの温度を触媒燃焼器 66 で着火可能となる温度にまで上昇させるためのものである。

【0034】

次に、パワープラントコントローラ 51 により行われる燃料電池 1 の起動時の制御を以下のフローチャートに従って説明する。

【0035】

図 2 は氷点下起動モードフラグを設定するためのもので、イグニッションスイッチ 85（図では「IGN SW」で略記）からの信号が OFF より ON へと切換わったとき（つまり起動タイミング）に 1 回だけ実行する。燃料電池車においても車両の起動時にはイグニッションスイッチ 85 を OFF より ON へと切換えるので、このイグニッションスイッチ 85 からの信号が OFF より ON へと切換わったときが燃料電池 1 の起動タイミングである。

【0036】

図2においてステップ1では温度センサ81（図1参照）により検出される水タンク31内の水温度 T_{tnk} [°C]を読み込み、ステップ2でこれと0°Cとを比較する。水タンク31内水温度 T_{tnk} が0°C以下であれば水タンク31内の水が氷点下にある、つまり水タンク31内の水が凍っていると判断し、ステップ3に進んで、氷点下起動モードフラグ=1とした後、ステップ4で電熱触媒67に通電し電熱触媒67の温度を上昇させる。

【0037】

また、このときには燃料電池1に大電力の発電を行わせることができず、車両走行を行わせることができないので、ステップ5で走行許可フラグ=0とする。この走行許可フラグ=0を受けて運転席では例えば車両走行禁止を示すランプが点灯する。

【0038】

一方、水タンク内水温度 T_{tnk} が0°Cを超えているときには水タンク31内の水が凍っていないと判断し、このときには即座に供給ガスへの加湿が可能であり通常モードに移行して燃料電池1に大電力の発電を行わせることができるため、ステップ2よりステップ6、7に進んで氷点下起動モードフラグ=0とすると共に、走行許可フラグ=1とする。この走行許可フラグ=1を受けて運転席では車両走行禁止を示すランプが消灯する。

【0039】

図3は氷点下起動処理（氷点下起動処理1）を行うためのもので、一定時間毎（例えば10msec毎）に実行する。

【0040】

図3においてステップ11では、氷点下起動モードフラグをみる。氷点下起動モードフラグ=0であるときには氷点下起動処理を行う必要がないので、そのまま処理を終了する。

【0041】

氷点下起動モードフラグ=1であるときにはステップ12に進み触媒燃焼器着火可能フラグをみる。この触媒燃焼器着火可能フラグは燃料電池1の起動時にゼ

ロに初期設定されているので、ステップ13に進み温度センサ82（図1参照）により検出される電熱触媒67の温度 T_{ehc} [°C]を読み込み、ステップ14でこれと所定値 T_1 [°C]を比較する。ここで、所定値 T_1 は水素と空気からなるガスが触媒燃焼器66で着火可能となる温度の最低値（例えば70～80°C）である。

【0042】

電熱触媒67の温度 T_{ehc} が所定値 T_1 未満であればそのまま今回の処理を終了する。このときも、電熱触媒67への通電は行われており、電熱触媒67の温度 T_{ehc} が上昇してゆく。

【0043】

やがて電熱触媒67の温度 T_{ehc} が所定値 T_1 以上となったときには水素と空気を触媒燃焼器66に流してやれば燃焼すると判断し、ステップ14よりステップ15に進んで触媒燃焼器着火可能フラグ=1とし、ステップ16で空気を触媒燃焼器66に供給するためコンプレッサ11をONとし圧力制御弁72を開く。また水素を触媒燃焼器66に供給するため遮断弁3と圧力制御弁4を開き、遮断弁70を閉じ、流量制御弁71を開く。

【0044】

これにより、コンプレッサ11からの吐出空気は燃料電池1、圧力制御弁72を通過して、また水素は遮断弁3、圧力制御弁4、燃料電池1、流量制御弁71を通過してそれぞれ電熱触媒67に供給され、ここで加熱されたあと触媒燃焼器66に導かれると、活性温度にある触媒により水素が空気中の酸素を用いて燃焼する。この燃焼したガスは熱交換器65に導かれ、クーラントの間で熱交換を行って熱を奪われ、温度低下した燃焼ガスは外部へと排出される。なお、遮断弁70は閉じられているので、イジェクタ5の水素循環通路9に水素は循環しない。

【0045】

熱交換器65において燃焼ガスにより加熱したクーラントをバイパス通路27を介して燃料電池1へと循環させるため、ステップ17ではクーラントポンプ21をONとし、三方弁28に通電してポートAとポートCの連通を遮断し、ポートBとポートCを連通させる。これにより、熱交換器65で加熱されたクーラン

トが、バイパス通路 27 よりクーラント通路 22 を経て燃料電池入口 23 より燃料電池 1 内部へと流入し、燃料電池 1 に熱を奪われて温度低下したクーラントは燃料電池出口 24 よりクーラント通路 25 を辿ってバイパス通路 27 の熱交換器 65 へと戻る。

【0046】

また、触媒燃焼器 66 での燃焼が開始されたので、ステップ 18 で電熱触媒 67 への通電をやめ、バッテリーの電力消費を抑える。

【0047】

触媒燃焼器着火可能フラグ = 1 となったことより次回にはステップ 12 よりステップ 19 に進んで温度センサ 83 (図 1 参照) により検出される燃料電池出口 24 のクーラント温度 T_{out} [°C] を読み込み、このクーラント温度 T_{out} と 0°C とをステップ 20 で比較する。

【0048】

燃料電池出口 24 のクーラント温度 T_{out} が 0°C 未満であれば、ステップ 21 に進み、流量センサ 52 により検出される実際の水素流量が目標水素流量と一致するように流量制御弁 71 を流れる水素流量を制御する。ここで、目標水素流量は触媒燃焼器 66 において所定の発熱が行われるように予め定めている。これによって触媒燃焼器発熱量は例えば一定で推移する (図 5 最上段の実線参照)。

【0049】

ここで、図 5 は水タンク内の水が氷点下にある状態で燃料電池 1 を t1 のタイミングで起動した後、触媒燃焼器発熱量、発電量、燃料電池出口のクーラント温度、氷解凍量がどのように変化するのかをモデル的に示したものである。

【0050】

また、ステップ 22 では温度センサ 84 (図 1 参照) により検出される実際の燃焼温度が目標温度となるように、コンプレッサ 11 の吐出流量と圧力制御弁 72 を制御する。実際の燃焼温度が目標温度より低いときには例えば触媒燃焼器 66 に導かれる空気流量を少なくして、空気流量と水素流量の割合である空燃比を濃くし、これによって燃焼温度を上昇させ、この逆に実際の燃焼温度が目標温度より高いときには空気流量を多くして空燃比を薄くし、これによって燃焼温度を

下降させる。

【0051】

このときクーラントポンプ21は作動しており、触媒燃焼器66で発生する熱が熱交換器65によりクーラントに与えられ、クーラントの温度が上昇する。その温度上昇したクーラントはバイパス通路27より三方弁28を通過し燃料電池1に流入する。すなわち、触媒燃焼器66で発生した熱はクーラントの循環を介して燃料電池1に伝えられるため、燃料電池1はどんどん昇温することが可能である。

【0052】

燃料電池1は燃料電池1内のクーラント通路を流れるクーラントと非常に効率よく熱交換されるため、燃料電池1のクーラント出口24では、クーラントの温度はほぼ燃料電池1の温度まで低下する。このため、燃料電池1はこの状態でどんどん熱が加えられて温度上昇するが、燃料電池出口24のクーラント温度は燃料電池の温度にほぼ等しい。言い換えると燃料電池1が0℃以上にならないと、燃料電池出口24のクーラント温度も0℃以上にならない。すなわち、燃料電池1が極く氷点下（例えば-20℃）の場合に大電力を発電させても、その発電により生成される水が、氷点下にある燃料電池1で冷やされ再凍結してしまうため、生成水が再凍結しない温度まで燃料電池1を加熱しないと燃料電池1に大電力を発電させることは困難である。従って、燃料電池出口24のクーラント温度が0℃を超えてから大電力の発電（図5では「本格発電」で表示）を行わせる（つまり車両走行を許可する）必要がある。

【0053】

この場合、燃料電池1の下流にある水タンク31に0℃未満のクーラントが入ってくると、水タンク31内の熱交換部61で少しずつ氷に熱を加えることにはなるが、氷の温度を上昇させるのみで氷を解凍するには至らない。つまり、氷の解凍量はゼロである（図5最下段参照）。言い換えると水タンク31内の熱交換部61では、クーラントはあまり熱は奪われない。そのため、触媒燃焼器66で発生する熱量を効率よく燃料電池1に与えることができ、燃料電池1の0℃近傍への加温が可能となる。

【0054】

以上によって、同じ水素消費量で考えた場合、燃料電池1を早く大電力の発電が可能な状態（車両走行が可能な状態）に持っていくことができるので、起動時間の低減、起動消費エネルギーの低減が可能になる。

【0055】

このようにして、燃料電池出口24のクーラント温度 T_{out} が 0°C 以上になると、燃料電池1が大電力を発電可能な状態になったと判断し、氷点下起動モードを終了して車両走行を可能とするため、ステップ20よりステップ23、24に進み、氷点下起動モードフラグ=0とすると共に走行許可フラグ=1とする。この走行許可フラグ=1を受けて運転席では車両走行禁止を示すランプが消灯する。

【0056】

このランプ消灯を受けて運転者が車両を走行させたとなると、その走行に見合う電力を燃料電池1が発電し、その燃料電池1の発電により燃料電池1内部を流れるクーラントの加熱が可能であるので、ステップ25では遮断弁70を開き、流量制御弁71を閉じて、触媒燃焼器66への水素供給をやめ、水素循環通路9に水素を循環させる。これによって、触媒燃焼器66での燃焼が終了し、燃焼器発熱量がゼロになる（図5最上段の実線参照）。

【0057】

ただし、このタイミング（図5では t_2 のタイミング）では水タンク31内の氷は解凍されていないので、ステップ26で解凍未終了フラグ（燃料電池1の起動時にゼロに初期設定）=1とする。

【0058】

さて、車両走行禁止を示すランプが消灯したので、すぐに車両を走行させたとすると、燃料電池1の発電量は例えば図5最上段の破線で示したように t_2 より増えてゆく。

【0059】

また、車両走行が行われると、燃料電池1の発電で燃料電池1の温度が上昇し、この燃料電池1の発熱した熱（廃熱）で燃料電池1の内部を流れるクーラント

が加熱されるので、燃料電池出口 24 のクーラント温度 T_{out} が 0°C よりさらに高い温度へと上昇してゆく（図 5 第 2 段目の実線参照）。この 0°C を超える高い温度のクーラントにより水タンク 31 内の熱交換部 61 で氷に対して熱（融解熱）が与えられ、氷が解凍してゆく。氷の解凍量でみれば、図 5 最下段に示したように t_2 のタイミングではゼロであったものが時間経過と共に増えてゆき、水タンク 31 内の総ての氷の解凍が終了する t_4 のタイミングより一定となる。なお、水タンク 31 内の氷の解凍が総て終了した t_4 のタイミングからは、燃料電池出口 24 のクーラント温度はそれまでよりも急激に上昇してゆく。

【0060】

このようにして、燃料電池 1 内部において燃料電池 1 の発電で発生する熱（廃熱）との熱交換を行って温度上昇するクーラントを用いて、まず燃料電池 1 を 0°C 以上まで加熱した後には、同じクーラントを用いて今度は水タンク内の氷の解凍を行うのであり、水タンク 31 内の総ての氷の解凍が終了すれば通常モードに移行させる必要がある。

【0061】

図 4 はもう一つの氷点下起動処理（氷点下起動処理 2）を行うためのもので、一定時間毎（例えば 10 msec 毎）に実行する。

【0062】

図 4 においてステップ 31、32 では走行許可フラグと解凍未終了フラグをみる。走行許可フラグ = 1 かつ解凍未終了フラグ = 1 であるときにはステップ 33 に進んで温度センサ 83（図 1 参照）により検出される燃料電池出口のクーラント温度 T_{out} [$^{\circ}\text{C}$] を読み込み、この温度と所定値 T_2 [$^{\circ}\text{C}$] をステップ 34 で比較する。

【0063】

ここで、所定値 T_2 は水タンク 31 内の総ての氷の解凍を終了するときの温度である。所定値 T_2 は燃料電池 1 の発電量に依存するので、燃料電池 1 の発電量に応じた T_2 のテーブル特性を予め定めておき、燃料電池 1 の発電量を実際に検出して、その検出値から T_2 のテーブルを検索して求めるようにすればよい。 T_2 は簡単には一定値でもよい。また、ステップ 34 での温度比較に限定されるも

のではなく、例えば燃料電池の発電量に基づいて水タンク 31 内の総ての氷の解凍が終了したか否かを判定させてもかまわない。

【0064】

燃料電池出口 24 のクーラント温度 T_{out} が所定値 T_2 未満であるときにはまだ水タンク 31 内の総ての氷の解凍が終了していないのでそのまま処理を終了し、やがて燃料電池出口 24 のクーラント温度 T_{out} が所定値 T_2 以上となったとき（図 5 では t_4 のタイミング）には水タンク 31 内の総ての氷の解凍が終了したと判断し、ステップ 35 に進んで解凍未終了フラグ = 0 とし、ステップ 36 では三方弁 28 への通電をやめてポート B とポート C の連通を遮断し、ポート A とポート C を連通する。これにより、通常モードに移行しクーラントはラジエータ 26 を経由して流れる。

【0065】

ここで本実施形態の作用を説明する。

【0066】

水タンク 31 内の氷の解凍のために燃料電池 1 の発電する電力を用いるのでは、燃料消費が大きくなるが、本実施形態（請求項 1 に記載の発明）によれば、大電力の発電が可能な状態になって以降に発生する燃料電池 1 自体の廃熱を利用して水タンク 31 内氷の解凍を行うようにしたので、本来の目的の発電に使用する以外の余分な電力や燃料電池 1 の燃料消費を防止することが可能となり、燃料電池システムの燃料消費を低減できることとなった。さらに、氷点下においてそれまでに発電を行って得た発熱の大部分を燃料電池 1 の温度上昇に使うことができるため、大電力の発電が可能な状態になるまでの時間（燃料電池の起動時間）を短縮できる。

【0067】

また、本実施形態（請求項 2 に記載の発明）によれば、水タンク 31 は燃料電池 1 の下流に位置し、氷解凍装置はこの水タンク 31 内にあってかつ燃料電池 1 の発電で発生する廃熱との熱交換を行って温度上昇するクーラントと、水タンク 31 内の氷とで熱交換を行う熱交換部 61 であり、この熱交換部 61 を出たクーラントを加熱する熱交換器 65 を備えるので、熱交換器 65 で加熱したクーラン

トの熱はまず燃料電池 1 本体に伝えられ、燃料電池 1 本体の温度上昇が最優先される。そして、燃料電池 1 内部で熱交換された後のクーラントが水タンク 3 1 内の熱交換部 6 1 へと流れる。この場合、燃料電池 1 を出たクーラントの温度は燃料電池 1 本体の温度以上になることがないため、結局、燃料電池 1 本体の温度が 0℃以上になるまで燃料電池 1 を出たクーラントの温度が 0℃以上になることが防止できる。これにより燃料電池 1 が大電力の発電を開始するまでに必要なエネルギーを増大させることなく燃料電池 1 の起動を迅速に行うことができる。

【0068】

外気温が高い状況での高負荷時には燃料電池 1 が高温となるため、このときには第 1 バイパス通路 2 7 経由ではクーラントが流れないようにし、大流量のクーラントをクーラント循環通路 (2 2、2 5) に流して燃料電池 1 の温度を低下させる必要がある。この場合に、加熱装置としての熱交換器 6 5 をクーラント循環通路 (2 2、2 5) に位置して設けたのでは、これが圧力損失となるため同じ流量を確保しようとするとその分クーラントポンプ 2 1 の容量を大きくしなければならなくなるが、本実施形態 (請求項 3 に記載の発明) によれば、加熱装置としての熱交換器 6 5 をクーラント循環通路 (2 2、2 5) ではなく、クーラントが流れることのないバイパス通路 2 7 に位置して設けたので、クーラント循環通路 (2 2、2 5) の圧力損失を抑制することが可能となり、外気温が高い状況での高負荷時に必要な大流量のクーラントを確保しつつクーラントポンプ 2 1 の消費電力を低減できる。

【0069】

本実施形態 (請求項 4 に記載の発明) によれば、水タンク 3 1 はバイパス通路 2 7 が分岐する位置よりも上流のクーラント通路 2 5 (クーラント循環通路) に位置するので、燃料電池 1 の暖機中だけでなく、冷却が必要となる高温での燃料電池 1 の運転時にも常に燃料電池 1 で暖められたクーラントにより水タンク 3 1 内の水が高温で保持される。これにより、加湿水の蒸発に必要な熱が少なくなり加湿しやすくなる上、システム停止後に水タンク 3 1 内の水が凍結するまでの時間が長くなる。特に水タンク 3 1 を断熱した場合にその効果は大きくなる。

【0070】

燃料電池 1 の温度が 0℃未満の領域では水タンク 31 内の水も 0℃を超えないので、燃料電池の温度検出値が 0℃未満の領域で加熱装置としての熱交換器 65 を作動させている本実施形態（請求項 5 に記載の発明）によれば、加熱装置としての熱交換器 65 の熱エネルギーが、氷の昇温に使われることはあっても氷の解凍に必要な大部分を占める熱（つまり融解熱）として使用されることはない。これによって燃料電池 1 の廃熱のみを使った水タンク 31 内の氷の解凍が可能となり、発電に必要な燃料以外に余剰に燃料消費を増大させることがなく、実用燃費が向上する。

【0071】

図 6 は第 2 実施形態の燃料電池システムの概略構成図、図 7 のフローチャートは氷点下起動処理 1 を行うためのもので、図 6 は図 1 と、図 7 は図 3 と置き換わるものである。なお、図 6 において図 1 と同一部分には同一の番号を、図 7 において図 3 と同一部分には同一のステップ番号を付している。

【0072】

第 1 実施形態との相違点を主に説明すると、第 2 実施形態では図 6 に示したように燃料電池 1 のクーラント通路出口 24 より、水タンク 31 をバイパスしバイパス通路 27（第 1 バイパス通路）に合流するもう一つのバイパス通路 91（第 2 バイパス通路）を形成し、バイパス通路 91 がバイパス通路 27 と合流する部位に三方弁 92 を設けている。

【0073】

ここで、三方弁 92 は例えば非通電時にポート D とポート F を連通し、ポート E とポート F の連通を遮断しているが、通電時にはポート D とポート F の連通を遮断し、ポート E とポート F を連通するものである。

【0074】

図 7 において第 1 実施形態と相違するのは、ステップ 41 を追加している点である。すなわち、図 7 において電熱触媒 67 の温度 T_{ehc} が所定値 T_1 に達して触媒燃焼器 66 で着火可能となったときには、ステップ 16、17 で触媒燃焼器 66 への水素と空気の供給を行うのであるが、このとき第 1 実施形態ではクーラントが熱交換部 61 経由で流れるのに対して、第 2 実施形態では三方弁 92 が

非通電状態にあるため水タンク 31 をバイパスしてクーラントが流れる。

【0075】

そして、その後に燃料電池出口 24 のクーラント温度 T_{out} が 0°C 以上となったことより燃料電池 1 による大電力の発電が可能となり車両走行を許可するときにはステップ 25 で触媒燃焼器 66 への水素供給を停止するが、このときクーラントが熱交換部 61 経由で流れるようにステップ 41 で三方弁 92 に通電し、ポート D とポート F の連通を遮断し、ポート E とポート F を連通する。

【0076】

従って、第 1 実施形態との相違は、燃料電池出口 24 のクーラント温度 T_{out} が 0°C 未満である間は、クーラントを熱交換部 61 経由で流さない点にある。

【0077】

これによって、第 2 実施形態（請求項 7 に記載の発明）によれば、燃料電池出口 24 のクーラント温度 T_{out} （燃料電池の温度検出値）が 0°C 未満のとき三方弁 92（流路切換装置）を用いてバイパス通路 91（第 2 バイパス通路）にクーラントを流すので、水タンク 31 内の氷を解凍するために必要な融解潜熱だけでなく、水タンク 31 内の氷を昇温するための顕熱分のエネルギーも全て含めて熱交換器 65（加熱装置）で発生する熱エネルギーを、水タンク 31 内の熱交換部 61（熱交換器）では使わないようにすることが可能となり、これにより燃料電池 1 の起動時間をさらに短縮できる。

【0078】

なお、燃料電池出口 24 のクーラント温度 T_{out} が所定値 T_2 以上となり水タンク 31 内の総ての氷の解凍が終了したときには三方弁 28 を非通電状態としてラジエータ 26 経由でクーラントを循環させるのであるが、このとき第 2 実施形態においても三方弁 92 は通電状態にあり、クーラントは熱交換部 61 経由で流れる。

【0079】

第 2 実施形態では、燃料電池内のクーラントとの熱交換性能が非常に良く燃料電池温度近傍からクーラントの出口温度が離れて上昇しない場合で説明したが、燃料電池内のクーラントとの熱交換性能が悪く燃料電池温度近傍からクーラント

の出口温度が離れて上昇する場合においても本発明を適用することができる。ただし、この場合には、燃料電池出口のクーラント温度に代えて、燃料電池本体の温度を検出し、この燃料電池の温度検出値が0℃以上となったとき流路切換装置を用いて水タンク31内の熱交換部61（熱交換器）をクーラントが流れる流れに切換えることで（請求項7に記載の発明）、燃料電池1が発電可能となる温度を正確に検出して水タンク31内の氷の解凍を開始することが可能となり、燃料電池1内のクーラントとの熱交換性能が悪く燃料電池温度近傍からクーラントの出口温度が離れて上昇する場合においても、燃料電池1の起動時間の短縮を精度良く行うことができる。

【0080】

2つの実施形態では、燃料電池システムを燃料電池車に適用した場合で説明したが、これに限らず定置式のものにも適用することができる。

【0081】

2つの実施形態で燃料電池1に供給する水素は、炭化水素系原料を改質して得られる水素（改質ガス）でもかまわない。

【図面の簡単な説明】

【図1】 第1実施形態の燃料電池システムの概略構成図。

【図2】 氷点下起動モードフラグの設定を説明するためのフローチャート。

【図3】 氷点下起動処理1を説明するためのフローチャート。

【図4】 氷点下起動処理2を説明するためのフローチャート。

【図5】 第1実施形態の作用を説明するための波形図。

【図6】 氷点下起動モードフラグの設定を説明するためのフローチャート。

【図7】 氷点下起動処理1を説明するためのフローチャート。

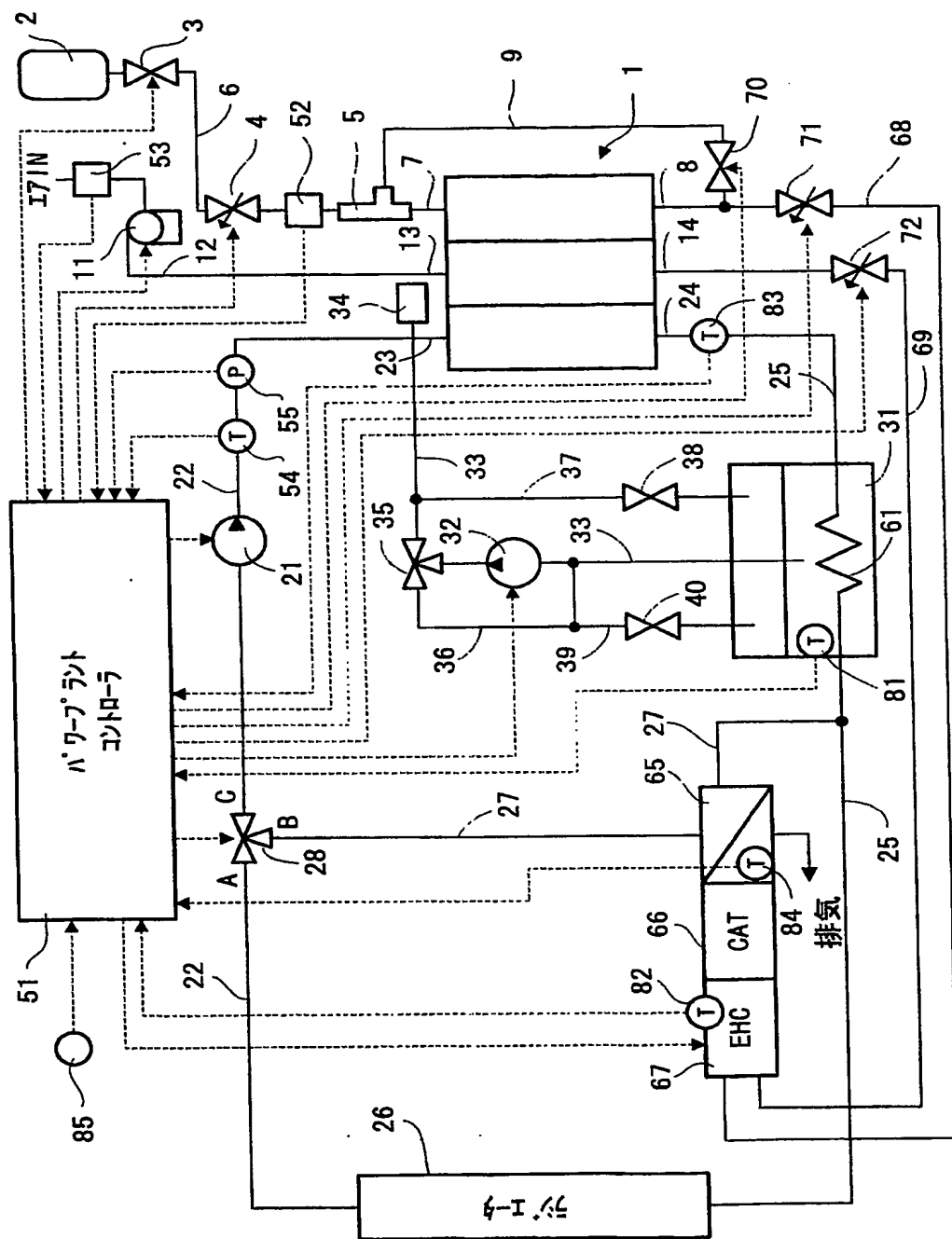
【符号の説明】

- 1 燃料電池
- 21 クーラントポンプ
- 22、25 クーラント通路
- 26 ラジエータ
- 27 バイパス通路（第1バイパス通路）

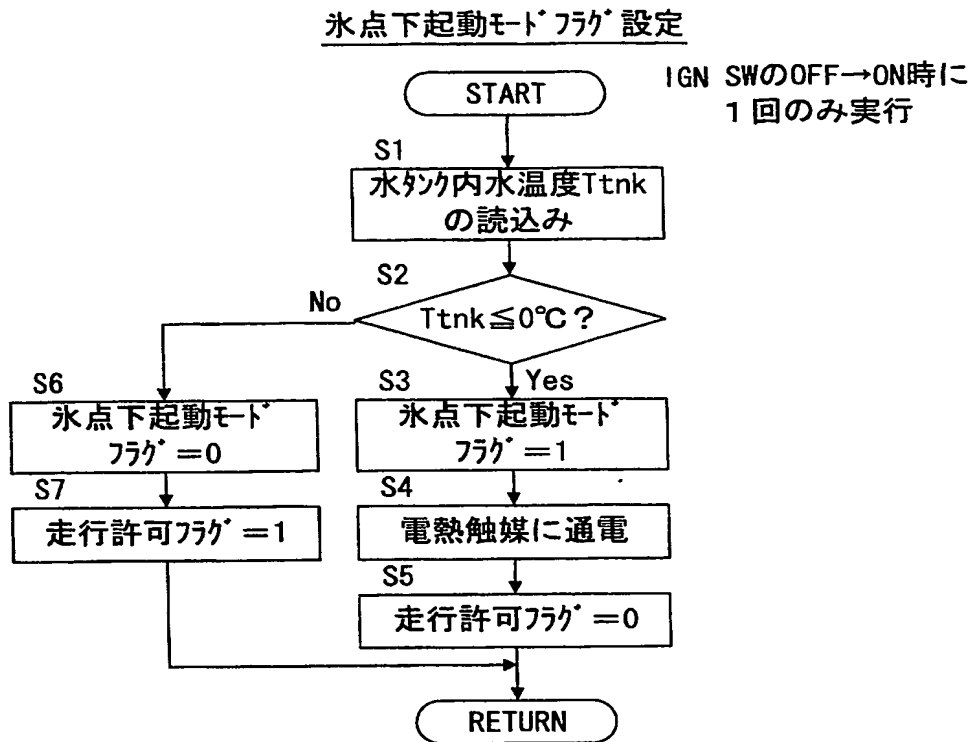
- 28 三方弁（流路切換装置）
- 31 水タンク
- 34 水噴射弁（加湿装置）
- 51 パワープラントコントローラ
- 61 熱交換部（熱交換器）
- 65 熱交換器（加熱装置）
- 66 触媒燃焼器
- 67 電熱触媒
- 68 分岐水路通路
- 69 廃空気通路
- 70 遮断弁
- 71 流量制御弁
- 72 圧力制御弁
- 82 温度センサ
- 83 温度センサ
- 84 温度センサ
- 85 イグニッションスイッチ
- 91 バイパス通路（第2バイパス通路）
- 92 三方弁（流路切換装置）

【書類名】 図面

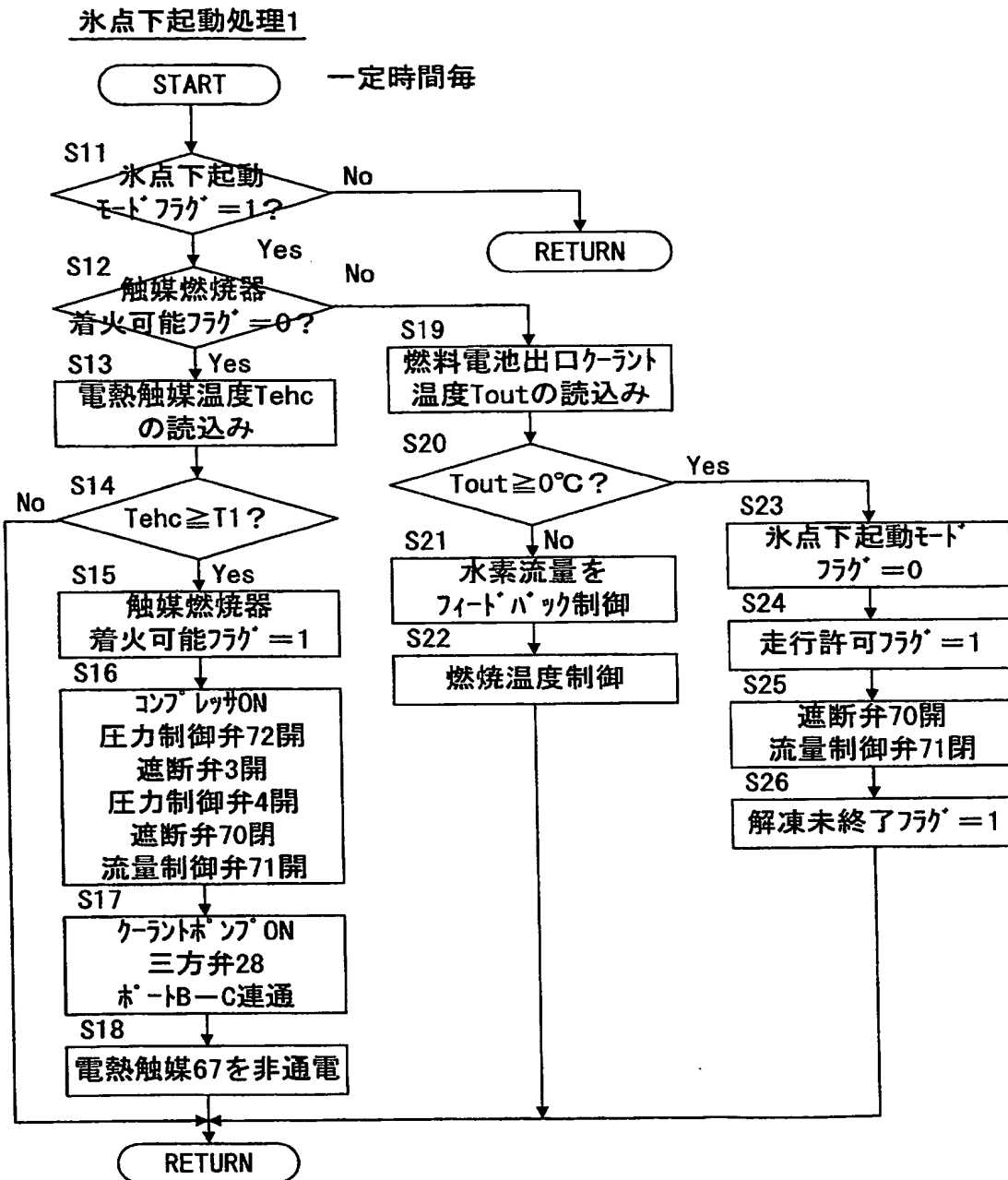
【図 1】



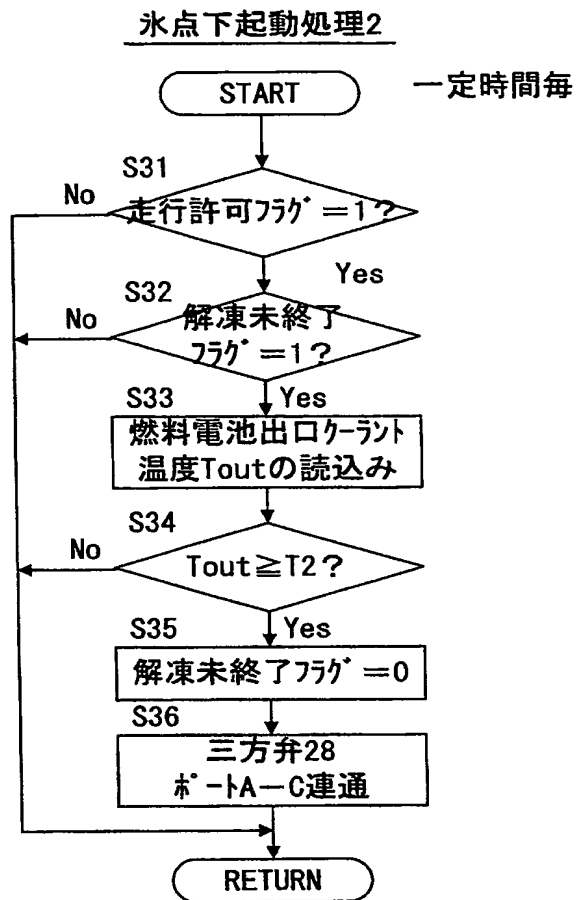
【図 2】



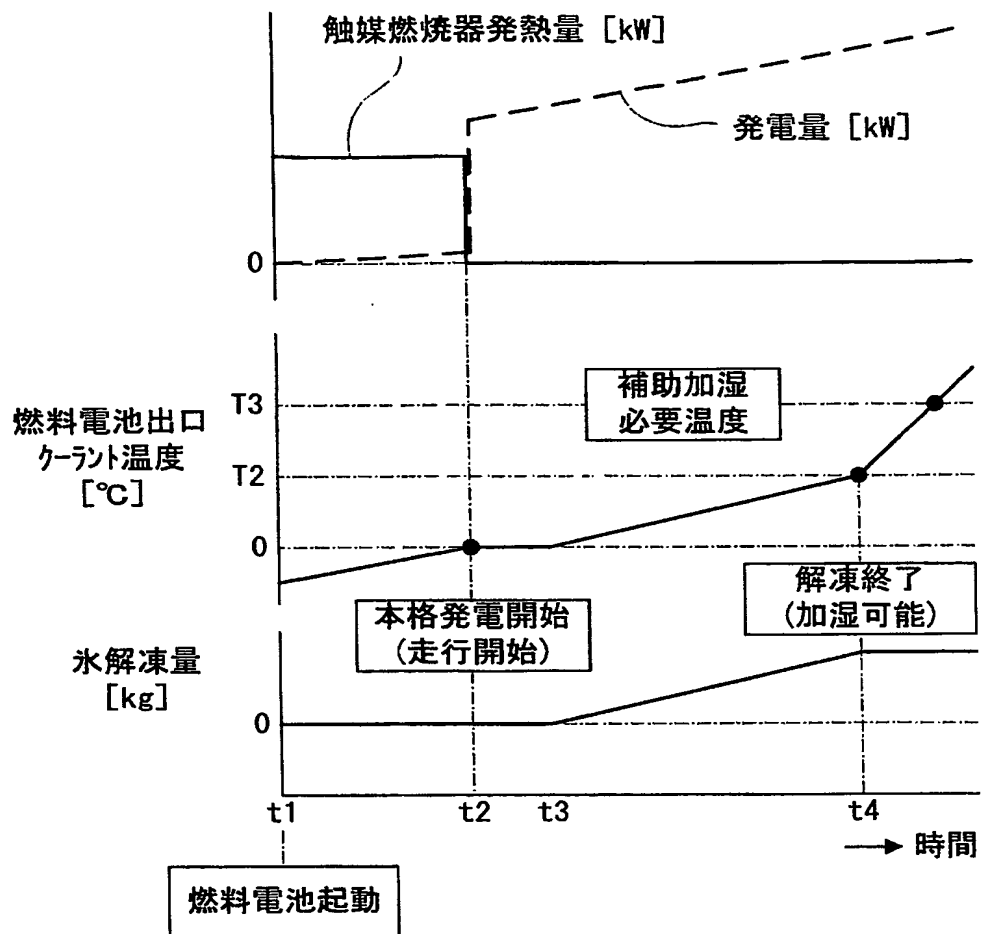
【図 3】



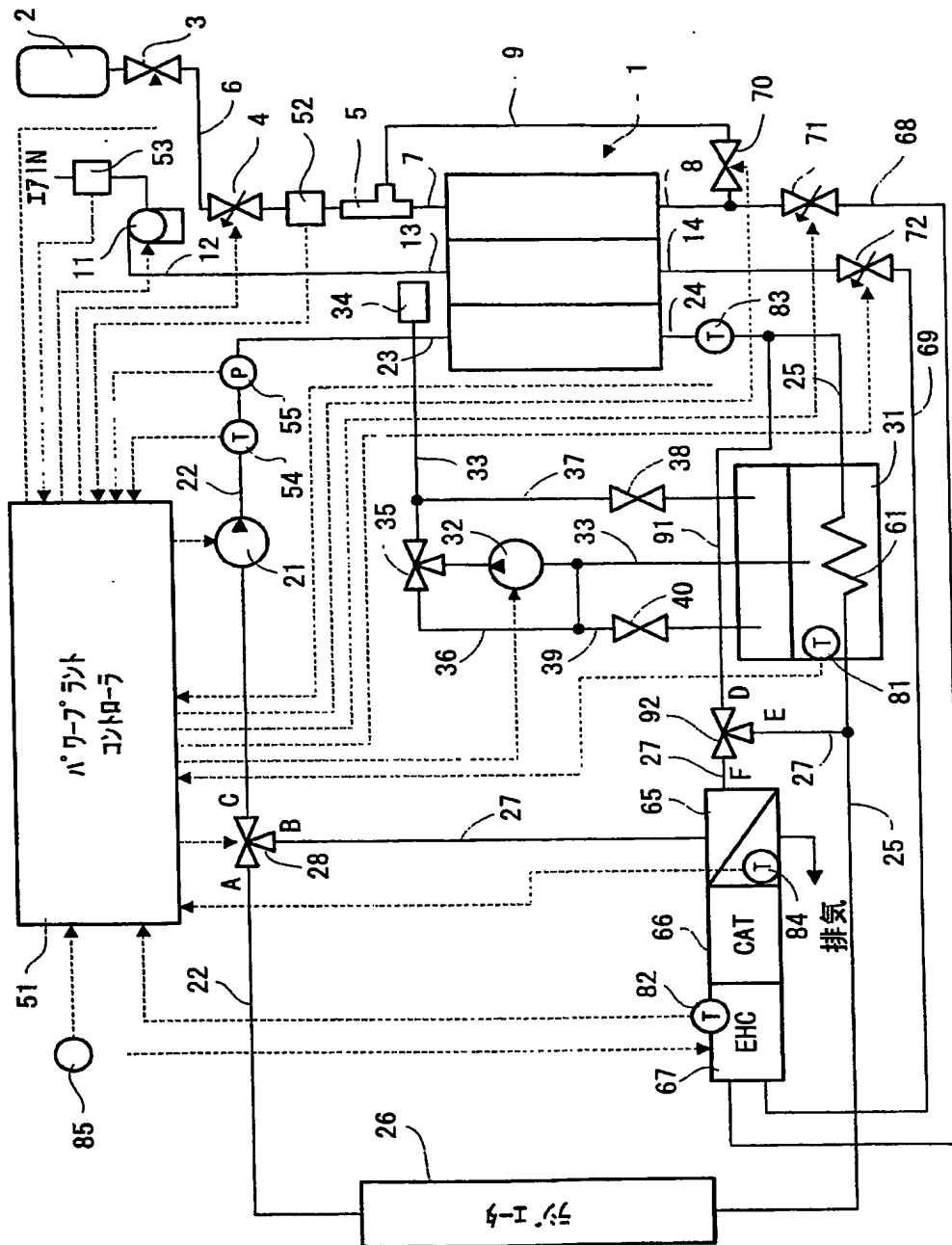
【図 4】



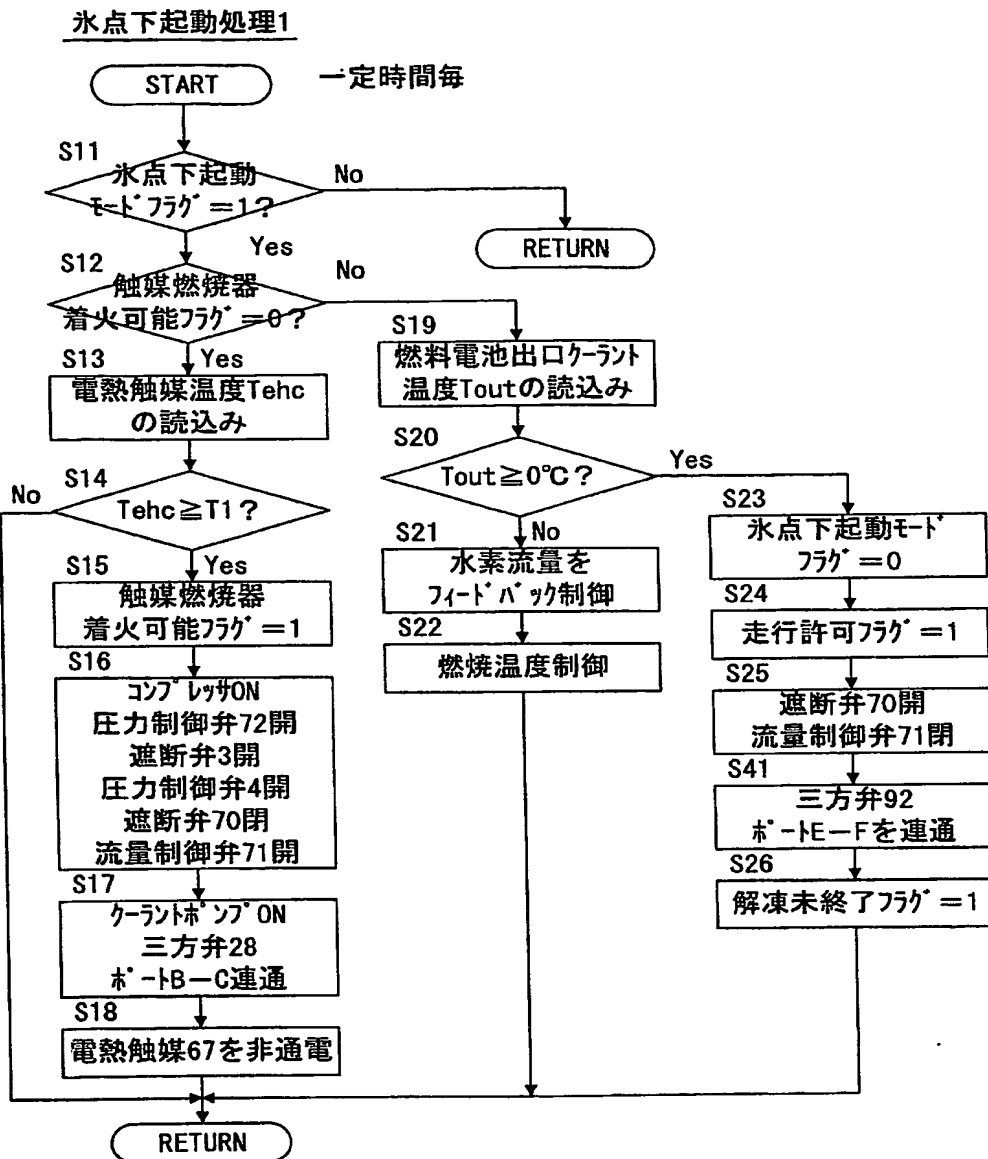
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本来の目的の発電に使用する以外の余分な電力や燃料電池の燃料消費を防止する。

【解決手段】 電池部の各電極に供給される水素と空気の供給ガスの反応により発電を行う燃料電池（１）と、水タンク（３１）からの水を用いて供給ガスを加湿する加湿装置（３４）と、燃料電池（１）の温度を制御するために燃料電池（１）の内部を流すクーラントの温度調整を行うクーラント温度調整手段（２１、２２、２５、２６、２７、２８、５１）とを備え、燃料電池（１）の起動時に水タンク（３１）内の水が凍っているとき、燃料電池（１）内部において燃料電池（１）の発電で発生する廃熱との熱交換を行って温度上昇するクーラントを用いて水タンク（３１）内の氷を解凍する氷解凍装置（６１）を備える。

【選択図】 図１

特願 2002-301448

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000003997]

1. 変更年月日
[変更理由]

1990年 8月31日

新規登録

住 所
氏 名

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
日産自動車株式会社